

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace technologie výroby ve společnosti ROVTECH s. r. o.

Rationalization of Production Technology in Company ROVTECH s. r. o.

Student:

David Krychtálek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **David Krychtálek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace technologie výroby ve společnosti ROVTECH s.r.o.**
Rationalization of Production Technology in Company ROVTECH s.r.o.

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky racionalizace výroby.
2. Popis stávající výroby vybraného dílce.
3. Návrh racionalizace výroby dílce.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentální metody v trieskovém obrábění*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě16.5.2016.....

.....Krychtálek.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě16.5.2016.....

.....Krychtálek.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: David Krychtálek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Vinohrádky 555, Plumlov 798 03

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KRYCHTÁLEK, D. *Racionalizace technologie výroby ve společnosti ROVTECH s. r. o.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 45 s, přílohy 2
Vedoucí práce: doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.

Bakalářská práce řeší problematiku obrábění korozivzdorných ocelí a racionalizace výroby. Na úvod teoretické práce je vysvětlena problematika racionalizace práce. Další část teoretické práce je věnována zmapování obrábění korozivzdorných ocelí v dnešní době a popsání vlastností, chemického složení a obrobitelnosti korozivzdorných ocelí.

V praktické části je uveden návrh na změnu materiálu. Zhodnocení špatných řezných podmínek u materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10) dle ČSN 17 240. Navržení nových řezných podmínek a změna materiálu na 1.4305 (X8CrNiS18-9) dle ČSN 17243. V závěru práce se nachází finanční zhodnocení navržených změn.

ANOTATION OF THESIS

KRYCHTÁLEK, D. *Rationalization of Production Technology in Company ROVTECH s. r. o.* Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2016, 45 p, 2 appendixes. Thesis head: Jana PETRŮ, Ph.D., MSc. et MSc., M. A.

Bachelor thesis deals with the topic working anti-corrosion steels and rationalization of production. The theoretical part starts with explanation of rationalization of work. Next part pursues the mapping working with anti-corrosion steels nowadays, especially to describe the qualities, chemical structure and machinability of anti-corrosion steels. The practical part of the thesis focusses on the draft of material changes. The part deals with evaluation of the wrong cutting conditions in the case of material 1.4301 (X5CrNi18-10) according to DIN 17 240. Moreover autor suggest the new cutting conditions and change of material for 1.4305 (X8CrNiS18-9) according to DIN 17243. In the conclusion to cover all aspects of the topic the autor evaluates the possible financial issues connected with drafted changes.

Obsah

Seznam zkratk	8
Úvod.....	10
1 Úvod do problematiky racionalizace výroby	11
1.1 Co je to racionalizace?	11
1.2 Základní nástroje pro racionalizaci	11
1.3 Základní postup racionalizace.....	11
1.4 Racionalizace práce.....	12
1.4.1 Preventivní racionalizace	12
1.4.2 Korektivní racionalizace	12
2 Popis stávající výroby vybraného dílce	14
2.1 Základní informace o spolupracující firmě ROVTECH s. r. o.	14
2.2 Problematika obrábění korozivzdorných ocelí.....	14
2.3 Korozivzdorné oceli	16
2.4 Rozdělení korozivzdorných ocelí.....	16
2.5 Feritické oceli.....	17
2.5.1 Fyzikální vlastnosti feritických ocelí	17
2.6 Martenzitické oceli.....	18
2.6.1 Fyzikální vlastnosti martenzitických ocelí	18
2.6.2 Obrobitelnost martenzitických ocelí	18
2.7 Austenitické oceli.....	19
2.8 Austeniticko - feritické oceli	20
2.9 Vliv jednotlivých prvků na strukturu a vlastnosti Ni - slitin.....	20
2.10 Charakteristika vybraných chemických prvků ovlivňujících strukturu materiálu	20
2.10.1 Kobalt (Co) a železo (Fe).....	20
2.10.2 Chrom (Cr).....	21
2.10.3 Hliník (Al), titan (Ti), niob (Nb).....	21
2.10.4 Molybden (Mo), wolfram (W), tantal (Ta)	21
2.10.5 Uhlík (C) a ostatní prvky	21
2.11 Obrobitelnost korozivzdorných ocelí	22
2.11.1 Soustružení korozivzdorných ocelí.....	23
2.11.2 Frézování korozivzdorných ocelí.....	23
2.12 Materiál 1.4301 (X5CrNi18-10)	24
2.12.1 Chemické složení materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10).....	24
2.12.2 Mechanické vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10).....	25

2.12.3	Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10)	25
2.13	Použité obráběcí stroje	26
2.13.1	CTX 420 lineární soustruh.....	26
2.13.2	Frézka MAS - Kovosvit MCV 500.....	27
2.14	Vybraná součást	28
3	Návrh racionalizace výroby dílce	29
3.1	Změna materiálu.....	29
3.2	Materiál 1.4305 (X8CrNiS18-9)	29
3.2.1	Chemické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9).....	30
3.2.2	Mechanické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9)	30
3.2.3	Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9).....	30
3.3	Úprava řezných podmínek u frézování	31
3.3.1	Fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A).....	31
3.3.2	Vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER - M	32
3.3.3	Návrh nových řezných podmínek	33
3.4	Drsnost povrchu, kontrola výsledné drsnosti	33
3.5	Znehodnocení vyměnitelných břitových destiček.....	34
3.5.1	Stávající řezné podmínky.....	34
3.5.2	Nové řezné podmínky	34
3.6	Frézování obdélníku 50 x 40 mm + rádius R1	35
4	Technicko - ekonomické zhodnocení	36
4.1	Materiál	36
4.1.1	Náklady na materiál	36
4.2	Vyměnitelné břitové destičky	37
4.2.1	Náklady na vyměnitelné břitové destičky.....	37
4.3	Celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky.....	39
4.4	Porovnání nákladů.....	40
5	Závěr.....	41
	Seznam použité literatury	42

Seznam zkratek

Symbol	Význam	Jednotka
AISI	American Iron and Steel Institute	
A	Tažnost	[%]
B _N	Celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u nových řezných podmínek	[Kč]
B _P	Celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u předešlých řezných podmínek	[Kč]
C	Cena za jeden kilogram materiálů 1.4301 a 1.4305	[Kč]
CNC	Computerized Numerical Control – počítačem číslicově řízený stroj	
Č _{1.4301}	Částka za materiál 1.4301	[Kč]
Č _{1.4305}	Částka za materiál 1.4305	[Kč]
ČSN	Česká technická norma	
D	Průměr frézy	[mm]
D _C	Cena za jeden kus vyměnitelné břitové destičky	[Kč]
EN	Evropská norma	
H	Výška hlavy frézy	[mm]
ISO	International Organization for Standardization - Mezinárodní organizace pro standardizaci	
K	Počet dodaných kilogramů materiálů 1.4301 a 1.4305	[ks]
L	Délka frézy	[mm]
M	Průměr stopky frézy	[mm]
M _C	Celkový rozdíl nákladů mezi materiály 1.4301 a 1.4305	[Kč]
P	Počet obrobených kusů do otupení	[ks]
P _d	Počet destiček na nástroji	[ks]
R _m	Pevnost v tahu	[MPa]
R _N	Počet požadovaných kusů	[ks]
R _P	Počet požadovaných kusů	[ks]
R _p	Mez kluzu	[MPa]
V	Cena za jeden kus výrobku	[Kč]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	
W	Celkový finanční rozdíl mezi předešlým a novým řešením	[Kč]
Z	Celkový zisk	[Kč]

a_p	Hloubka řezu	[mm]
$a_{p \max}$	Maximální hloubka řezu	[mm]
$a_{p \min}$	Minimální hloubka řezu	[mm]
d	Vnější otvor vyměnitelné břitové destičky	[mm]
d_m	Tloušťka materiálu	[mm]
d_t	Vnitřní otvor vyměnitelné břitové destičky	[mm]
f_{\max}	Maximální posuv na zub	[mm]
f_{\min}	Minimální posuv na zub	[mm]
f_z	Posuv na zub	[mm]
l	Řezná délka ostří vyměnitelné břitové destičky	[mm]
n	Otáčky	[min ⁻¹]
r_c	Rádus špičky vyměnitelné břitové destičky	[mm]
s	Tloušťka vyměnitelné břitové destičky	[mm]
v_c	Řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
v_f	Rychlost posuvu	[mm·min ⁻¹]
γ_f	Úhel čela v rovině boční	[°]
γ_p	Úhel čela v rovině zadní	[°]
κ_r	Úhel nastavení hlavního ostří	[°]

Úvod

Obrábění korozivzdorných ocelí vždy patřilo do skupiny těžko obrobitelných kovů. V minulosti byly tyto materiály skoro neobrobitelné nebo těžko obrobitelné, protože se na trhu nenacházely takové stroje a materiály nástrojů, které by zvládaly tyto oceli obrobit. Tato skupina ocelí, která je legována niklem a kobaltem, se vyznačuje vysokou odolností proti otěru, žáru a vysokou pevností.

Až s příchodem vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů svitla naděje, že i těžko obrobitelné materiály půjdou dobře a produktivně obrábět. Slinuté karbidy zajistí vysokou pevnost, a to hlavně díky karbidu wolframu, který je obsažen v základním substrátu. Vlivem správně navrhnuté geometrie na nástroji docílíme i dobrého odvodu třísek z místa řezu. Povlak na vyměnitelných břitových destičkách nám zajistí vysokou odolnost vůči teplotám a také prodlouží životnost nástroje.

Cílem bakalářské práce je zmapovat problematiku obrábění korozivzdorných ocelí v dnešní době pro obráběný materiál 1.4301 (X5CrNi18-10) dle ČSN 17 240 v oblasti soustružení a frézování. Dalším cílem je objasnit problematiku racionalizace výroby vzhledem k ušetření času a finančních nákladů a navrhnout nové řešení pro zlepšení výroby vybrané součásti, které bude prospěšné pro firmu jak po časové, tak ekonomické stránce.

V teoretické části bude objasněna problematika korozivzdorných ocelí. Budou popsány druhy korozivzdorných ocelí, jejich vlastnosti a to, jak ovlivňují jednotlivé legující prvky základní strukturu materiálu. Zaměříme se na určení základních opatření pro obrábění při soustružení a frézování. Představíme materiál, ze kterého je vybraná strojní součást vyrobena.

Praktická část bude zaměřena na návrh nových řešení a zvýšení produktivity při obrábění vybrané strojní součásti, která byla zadána firmou Rovtech s. r. o. Experimenty budou prováděny na frézovacím centru MAS - Kovosvit MCV 500 a na vyměnitelných břitových destičkách APKX 1505PDER – M.

1 Úvod do problematiky racionalizace výroby

1.1 Co je to racionalizace?

Charakteristickým znakem a cílem racionalizace je nepřetržité zdokonalování výrobního systému s maximálním zvýšením produktivity za minimálních investic. Hlavní myšlenkou je, aby se výrobní proces realizoval na neustále zvyšující se úrovni techniky, technologií, organizace práce, výroby i zařízení a zlepšování pracovních podmínek pro zaměstnance. Základem je využití stávajících rezerv a vyloučení zbytečných ztrát při výrobě. V pracovním odvětví se racionalizace zaměřuje na vytvoření podmínek pro pracovníky, aby se mohli plně soustředit na vykonávanou práci. Výsledky racionalizace se často podkládají ekonomickou kalkulací, rentabilitou a hospodárností. Při šetření času hraje také významnou roli materiálové hospodaření a pohyb materiálu. [1] [2]

1.2 Základní nástroje pro racionalizaci

- Optimalizace pracovních operací,
- uspořádání a vybavení pracoviště,
- technické úpravy pracoviště - mechanismy, držáky, přípravky,
- zorganizování pracovišť. [1]

1.3 Základní postup racionalizace

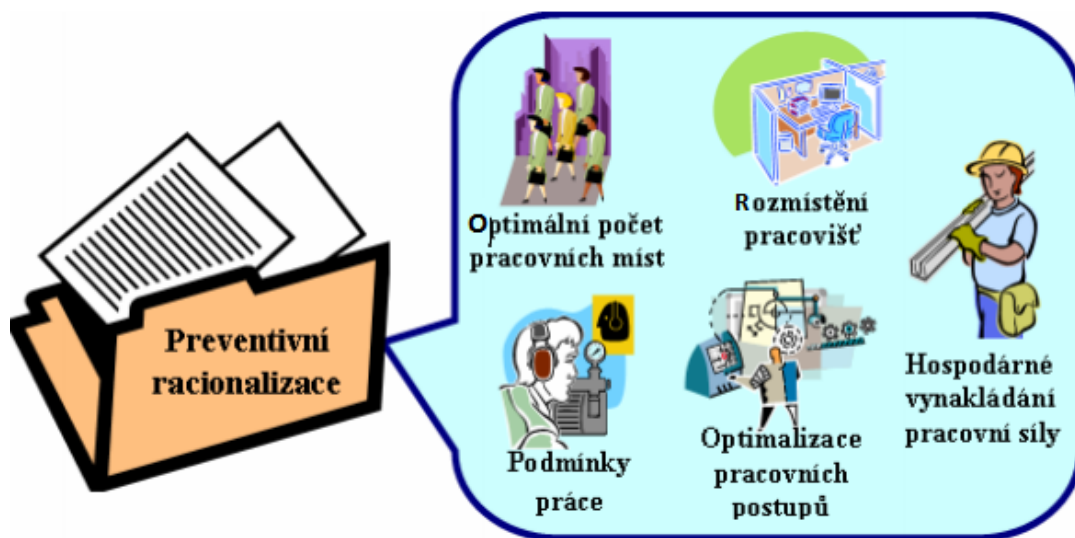
- Analýza pracovního systému,
- zhodnocení funkce současného systému,
- vytvoření racionalizačních opatření,
- vypracování opatření,
- vyhodnocení přínosů. [1]

1.4 Racionalizace práce

Racionalizaci práce můžeme rozdělit na dva druhy, a to preventivní a korektivní. [1]

1.4.1 Preventivní racionalizace

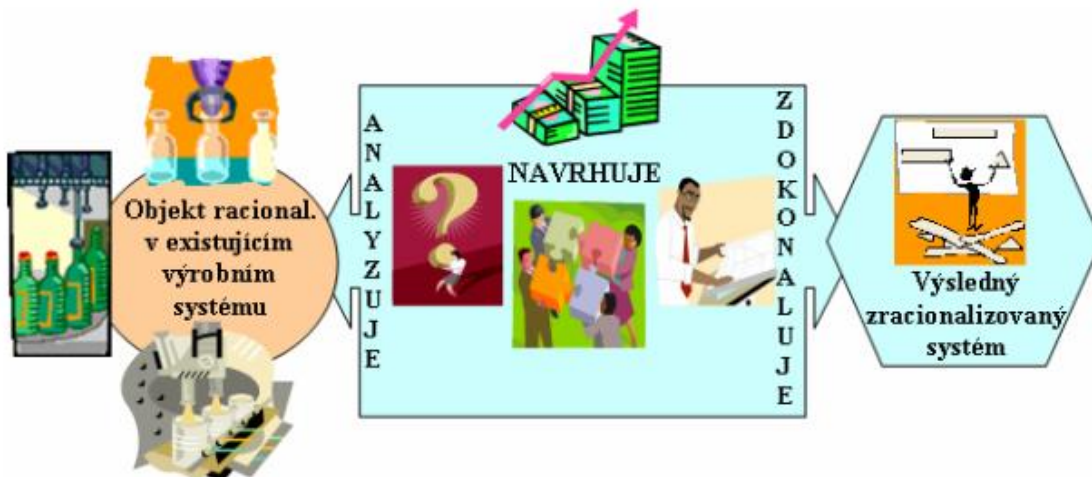
Zaměřuje se na projektové posouzení a projektovou dokumentaci. Úkolem je posoudit, zda je daná dokumentace zpracovaná úplně. To znamená, zda obsahuje všechny potřebné informace ke správnému řešení organizačního uspořádání pracovního procesu. Zhodnocení je zaměřeno na optimální počet pracovních míst, optimalizaci pracovních postupů, podmínek práce, rozmístění pracovišť a hospodárné vynakládání pracovní síly. [1]



Obr. 1.4.1 Oblasti preventivní racionalizace [1]

1.4.2 Korektivní racionalizace

Korektivní racionalizace se zabývá výkonem, zlepšováním podmínek v technickém vybavení výrobních procesů při zadané technologii výrobního procesu. Úkolem je najít, vyřešit a navrhnout ty nejlepší změny v organizačním uspořádání pracovního procesu. [1]



Obr. 1.4.2 Oblasti korektivní racionalizace [1]

Předmětem korektivní racionalizace je:

- Optimální počet pracovníků,
- správné uspořádání pracovišť,
- racionalizace materiálových toků,
- optimalizování pracovních postupů,
- racionalizace norem spotřeb. [1]

2 Popis stávající výroby vybraného dílce

2.1 Základní informace o spolupracující firmě ROVTECH s. r. o.

Společnost ROVTECH s. r. o. je ryze česká firma založená na území České republiky v roce 2010. Hlavní sídlo této firmy se nachází v Praze (Polská 1211/26, Praha 2, 120 00). Firma otevřela provozovnu také v Prostějově (Vrahovická 4366/41, Prostějov, 796 01), kde bude vypracována tato bakalářská práce. Obchodní činností je výroba kvalitního šroubení kovoobráběním pomocí CNC obráběcích strojů a jeho následný prodej. Veškerá výrobní kapacita se soustředí na třískové obrábění. Společnost obrábí součásti z železných i neželezných kovů, svařence, odlitky a výkovky. Zabývá se výrobou spojek/rychlospojek a nerezového šroubení. [3]



Obr. 2. 1 Logo společnosti [3]

2.2 Problematika obrábění korozivzdorných ocelí

Se zvyšujícími nároky na kvalitu obráběného materiálu a životnosti jsou kladeny vyšší požadavky na používání speciálních materiálů. Jedná se například o slitiny niklu, kobaltu nebo titanu. Tyto materiály se ale vyznačují těžkou obrobiteľností a požadují zvýšené nároky na nástroje, materiály a řezné podmínky při třískovém obrábění, soustružení nebo frézování.

Na Katedře obrábění, montáže a strojírenské metrologie Fakulty strojní VŠB-TUO byla řešena problematika obrábění korozivzdorných ocelí experimentálním hodnocením odolnosti SK destiček proti teplotním rázům. Experiment prováděli Jana Petrů, Lenka Petřkovská, Tomáš Zlámal a Ivan Mrkvica. Vybráno bylo 12 vzorků slinutých karbidových VBD, které byly testovány. Každá destička měla jiný obsah kobaltu. Destičky byly testovány za stejných předem stanovených řezných podmínek. Experimentální část byla zaměřena na vyhodnocení délky trhlin. Na základě charakteru vzniku trhlin byly stanoveny dva typy trhlin, a to trhlina se začátkem na čele bříty a trhlina se vznikem za hranou čela bříty. Z výsledků vzešly nejlépe tři destičky. U první destičky s obsahem kobaltu 8 % bylo naměřeno nejméně trhlin, a to jedna trhlina délky 303,7 μm , ale bohužel došlo k uštípnutí velké části na bříty nástroje, kde se nacházela další trhlina. Nejlépe vzešly z měření destičky s podobným obsahem kobaltu.

Jsou to vyměnitelné břitové destičky, které obsahují 8,6 % a 9,6 % kobaltu. U obou vzorků se objevil malý počet trhlin o délce v průměru 300 μm a nedocházelo k velké deformaci na břitu. Pro vyhodnocení bylo rozhodující množství trhlin, proto se pro zhotovení vyměnitelných břitových destiček jeví jako nejvhodnější vzorek s obsahem kobaltu 9,6 %. [4]

V rámci konference ERIN 2014 byl prezentován příspěvek řešící vliv řezných sil na obrábění materiálu 1.4301. Experiment prováděli Dalibor Jurok, Josef Brychta a Jana Petrů. Měření probíhalo na nástroji FF FWXD050 - 06 - 22 - 05 a břitové destičce FF WOCT 060212T od firmy ISCARE, které jsou přímo určené pro obrábění korozivzdorných ocelí. Během obráběcího procesu nebyla použita žádná procesní kapalina. Řezné síly při čelním frézování byly měřeny pomocí piezoelektrického dynamometru Kistler 9255B, nábojového zesilovače Kistler 5006 a analogově digitálním převodníkem Adventech PCL 818 - HG. Výstupy z měření byly zpracovávány pomocí softwaru Dasy Lab verze 3.5. Měření probíhalo za předem stanovených řezných podmínek $a_p = 0,5$ [mm], $f_z = 1$ [mm], $D_1 = 50$ [mm], $z = 5$ [-]. Naměřená data byla zapsána do tabulek a zpracována do grafů. Výsledné hodnoty řezných sil byly odečteny z grafu. Nejlepší variantou řezných podmínek, které vzešly z experimentu, jsou to $v_c = 450$ [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$], $v_f = 14,32$ [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$], $f_z = 1$ [mm]. [5]

2.3 Korozi vzdorné oceli

Korozi vzdorná ocel patří podle normy ČSN do skupiny ocelí třídy 17. Obsah chromu v korozi vzdorných ocelích se uvádí minimálně 10,5 %. Korozi vzdorné oceli mají výrazně menší náchylnost ke korozi, než je to u nelegovaných ocelí. S vyšším obsahem chromu a legujících prvků niklu a molybdenu se ochrana proti korozi zvyšuje. Korozi vzdornou ocel řadíme do skupiny legovaných ocelí se zvýšenou odolností proti korozi. Všechny oceli většinou korodují, ale průběh koroze je závislý na druhu prostředí, teplotě a tlaku. Pokud přidáme další legující prvky, jako jsou například niob nebo titan, můžeme pozitivně ovlivnit vlastnosti oceli. Niob a titan zvýší odolnost proti mezikrystalové korozi. Další prvek, který ovlivňuje vlastnosti, je dusík, jenž zvyšuje pevnost a korozi odolnost. Síra zvýší obrobitelnost materiálu. [6]

Ve zpracovatelské oblasti nabývaly ušlechtilé nerezavějící oceli ve své historii stále většího významu díky svým mechanickým vlastnostem a odolnosti proti korozi. Dodávají se ve formě válcované a kované oceli nebo jako odlitky.

Požadavky na vlastnosti v oblasti korozi vzdorných ocelí se stále zvyšují:

- Vývoj korozi vzdorných ocelí nového, nebo změněného chemického složení,
- zavedení progresivní technologie výroby stávajících korozi vzdorných ocelí a jejich zpracování. [6]

2.4 Rozdělení korozi vzdorných ocelí

Korozi vzdorné oceli rozdělujeme do skupin podle chemického složení a struktury.

Tyto skupiny jsou:

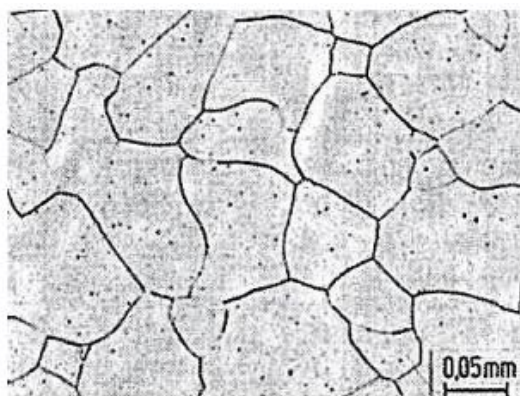
- Feritické,
- martenzitické (kalitelné),
- austenitické,
- austeniticko - feritické. [6]

Díky chemickému složení dělíme dále oceli na chromové, chromniklové a chrommanganové. K těmto ocelím se mohou přidávat prvky jako molybden, křemík, měď, titan, niob, dusík. Korozi vzdorné oceli se nazývají chromové slitiny se železem obsahujícím 12 - 30 % chromu a dalšími prvky, kterými jsou 30 % niklu a 24 % manganu. Pasivitu a odolnost proti korozi nám zajišťuje chrom, tím se stává důležitým prvkem. Základním prvkem ale zůstává stále čisté železo. [6]

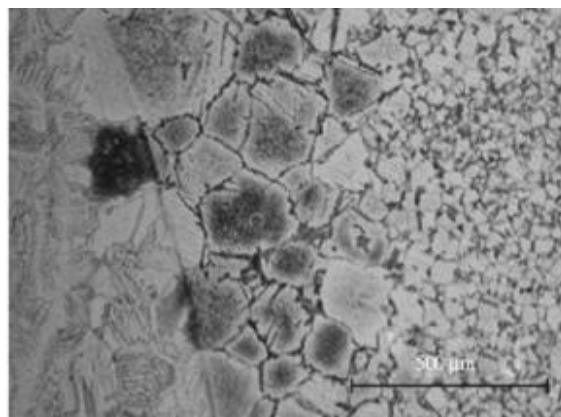
2.5 Feritické oceli

Feritické oceli se vyznačují předpokládanou jemnozrnnou strukturou, které dosáhneme patřičným tepelným zpracováním. Obsah chromu se pohybuje okolo 11 - 12 %, a díky tomu mají nízkou korozní odolnost a jsou často nazývány jako "korozně málo aktivní". Dělíme je do třech skupin podle obsahu chromu: [6]

- S obsahem 11 - 13 % Cr a uhlíkem C 0,08 %,
- s obsahem 17 % Cr a uhlíkem C do 0,1 %,
- s obsahem 20 - 30 % Cr a uhlíkem C od 0,002 - 0,2 %. [6] [7]



Obr. 2.5 - 1 Struktura Feritické korozivzdorné oceli [8]



Obr. 2.5 - 2 Struktura Feritické korozivzdorné oceli s přidáním niklem [6]

Hlavní výhodou feritických korozivzdorných ocelí je, že vynikají vysokou odolností proti transkrystalové korozi oproti austenitickým ocelím. [7]

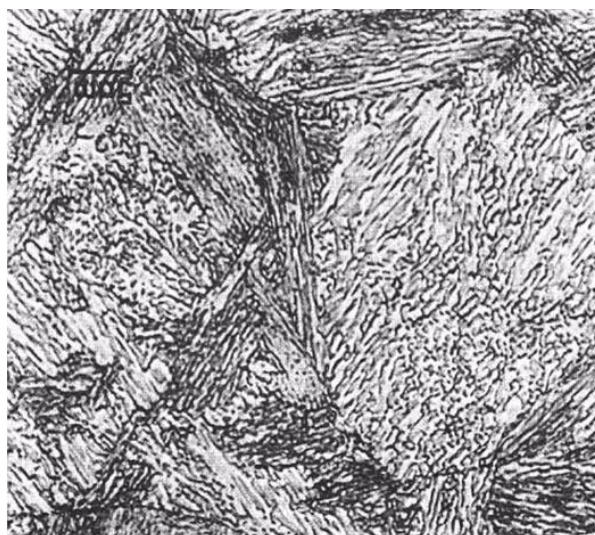
2.5.1 Fyzikální vlastnosti feritických ocelí

Fyzikální vlastnosti feritických ocelí se jen málo odlišují od fyzikálních vlastností martenzitických ocelí. Jejich tepelná roztažnost se mění s obsahem chromu, a to v poměru, čím vyšší obsah chromu, tím klesá tepelná roztažnost a naopak. Tento jev ale platí jen při nízkých teplotách. Naopak při vysokých teplotách a nižším obsahu chromu tepelná vodivost roste. Použití pro výrobu elektronek, obrazovek, rentgenek. [6]

2.6 Martenzitické oceli

Nazýváme tak ocel, která obsahuje 12 - 18 % chromu a od 0,1 - 1,5 % uhlíku. Při vysoké teplotě je její struktura austenitická, ale při rychlém ochlazení, tzv. kalení, vznikne martenzitická struktura. Tvrdost u těchto ocelí závisí především na obsahu uhlíku. Platí pravidlo, že čím vyšší je obsah uhlíku v oceli, tím tvrdší je materiál. Korozní odolnost můžeme zvýšit přidáním chemického prvku molybdenu. Martenzitické oceli se dodávají v žíhaném stavu na měkko, a to ve formě válcovaného pásu, nebo plechu. [6]

Zušlechtění těchto ocelí se dosáhne kalením a následným popouštěním při teplotě 650 - 750 °C. Mechanické vlastnosti se díky popouštění změny. Například pevnost se sníží, ale tažnost se naopak zvýší. Abychom si zachovali odolnost proti korozi, je doporučeno dodržovat předepsané teploty tepelného zpracování. [6]



Obr. 2.6 Martenzitická struktura
korozivzdorné oceli [9]

2.6.1 Fyzikální vlastnosti martenzitických ocelí

Díky přítomnosti chromu je tepelná vodivost značně snížena. Martenzitické kalitelné oceli jsou feromagnetické. [6]

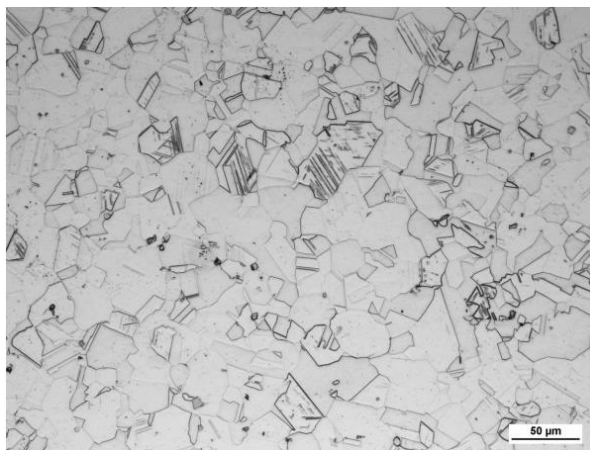
2.6.2 Obrobitelnost martenzitických ocelí

Obrobitelnost se určuje z obsahu uhlíku v materiálu. Můžeme ji zlepšit přidáním síry o hodnoty 0,15 - 0,30 %. Lepší oddělování třísky zajišťují nekovové vměstky sulfidů a selenidů, tím se zlepšuje i jakost obrobeného povrchu. [6]

2.7 Austenitické oceli

Chromniklové austenitické oceli s obsahem 8 - 40 % Ni, méně než 0,1 % C, 16 - 22 % Cr a 0 - 5 % molybdenu jsou příhodnou kombinací ke zpracování, mechanickým vlastnostem a korozní odolnosti. Tato skupina ocelí se používá pro mnohé strojírenské účely a patří mezi nejvýznamnější skupinu korozivzdorných ocelí. U austenitických ocelí patří korozní odolnost k nejdůležitějším vlastnostem. Korozní odolnost se zvyšuje se vzrůstajícím obsahem legur. Legury chrom a molybden mají největší vliv na zvýšení korozní odolnosti. Austenitickou strukturu dostaneme při tepelném zpracování žíháním při teplotě cca 1000 – 1150 °C. Materiál se následně musí ochladit na vzduchu. Austenitické oceli nejsou určeny ke kalení. [6] [7]

Austenitické oceli patří mezi těžko obrobitelné materiály oproti ostatním legovaným ocelím. Hlavním důvodem, že se materiály těžko obrábí, je vytvoření nárůstku na čele řezné části nástroje, což má za následek sekundární plastickou deformaci. Tento důsledek má vliv na špatný odvod třísek z místa řezu, vznik otřepů a horší kvalitu obrobené plochy. Při tváření zastudena dochází k tomu, že austenit je značně náchylný ke zpevňování, tím dochází k tzv. deformačnímu zpevnění. Výsledkem zpevňování je extrémní tvrdost obrobené plochy. [6] [7]



Obr. 2.7 Austenitická struktura korozivzdorné oceli [12]

2.8 Austeniticko - feritické oceli

Austeniticko - feritické oceli obsahují 0,02 % C, 0,25 % N, 22 - 23 % Cr, 4,5 - 6,5 % Ni a 3 - 3,5 % Mo. Podíl feritu v oceli závisí na chemickém složení, či tepelném zpracování. Při tepelném zpracování se teplota pohybuje okolo 1000 °C a platí, že čím vyšší je teplota, tím vyšší bude podíl feritu v materiálu. V porovnání s austenitickými oceli mají lepší mechanické vlastnosti, ale horší vrubovou houževnatost. Odolnost vůči korozi je porovnatelná s austenitickými oceli. Používají se především v chemickém, petrochemickém, papírenském a energetickém průmyslu. Jsou také výborné pro konstrukci výrobků, které přicházejí do styku s mořskou vodou. [6] [13]

2.9 Vliv jednotlivých prvků na strukturu a vlastnosti Ni - slitin

Rozdělujeme do dvou skupin:

- a) prvky, které působí na zpevnění matrice (Al, Ni, Nb, Mo, W, V, Fe, Co),
- b) prvky, které působí na zpevnění hranic zrn (B, Zr, C, Cr, W, Mo, V). [6]

Žárupevné slitiny v sobě obsahují ještě navíc prvky, jako jsou např. olovo, bismut, selen, síra. Ty mají za následek snížení pevnosti slitiny. [6]

2.10 Charakteristika vybraných chemických prvků ovlivňujících strukturu materiálu

V následujících kapitolách bude vysvětlen vliv jednotlivých prvků na strukturu materiálu. [6]

2.10.1 Kobalt (Co) a železo (Fe)

Společně s niklem (Ni) tvoří substituční tuhý roztok, je to vlastně základní hmota materiálu (matrice). Matrice se označuje γ' , její mřížka je kubická plošně středěná. Kobalt (Co) a železo (Fe) se do slitin přidávají místo niklu (Ni). Se vzrůstajícím obsahem železa (Fe) ale dochází k poklesu odolnosti materiálu vůči vysokoteplotní korozi a také vzroste náchylnost na tvorbu nežádoucí σ - fáze. Kobalt (Co) snižuje rozpustnost hliníku (Al) a titanu (Ti) v matrici, což má za následek zvýšení pevnosti při vysokých teplotách. Další vlastnosti, které kobalt (Co) způsobuje, je zvýšení teploty rekrystalizace a teploty rozpustnosti precipitátu γ' slitiny, vzniky karbidů, zlepšení obrobitelnosti. Průměrné hodnoty ve slitinách niklu (Ni) se pohybují u železa (Fe) 0 - 35 % a u kobaltu (Co) 0 - 15 %. [11]

2.10.2 Chrom (Cr)

Má dvojí účinek v žárupevných slitinách. Zvyšuje odolnost proti korozi a nachází se v matici. Hraje hlavní roli při tvorbě komplexních karbidů, které mají za úkol zpevnit matici hlavně v oblasti zrn. [11]

Hlavní korozivzdorný účinek chromu (Cr) je dán vytvořením adhezních kysličníků na povrchu materiálu. Minimální hodnota chromu (Cr), která zaručuje korozní odolnost, žáruvzdornost a žárupevnost, je 13 %. Optimální obsah chromu (Cr) podle literatury by měl být mezi 20 - 25 %. [11]

2.10.3 Hliník (Al), titan (Ti), niob (Nb)

Titan (Ti) a hliník (Al) vytváří společně s niklem (Ni) intermetalické precipitáty označené γ' . Množství fáze ve slitinách niklu (Ni) se zvyšuje s obsahem (Al + Ti). Teplota rozpustnosti závisí na chemickém složení titanu (Ti), hliníku (Al). V niklových slitinách se obvykle průměrně nachází titanu (Ti) 0 – 5 %, hliníku (Al) 0 – 7 %, niobu (Nb) 0 – 6 %. [11]

2.10.4 Molybden (Mo), wolfram (W), tantal (Ta)

Tyto tři prvky slouží pro vytvrzení matrice γ . V daném rozsahu se rozpouští ve fázi γ , díky tomu se mění pevnostní charakteristiky. Je to teplota tavení, parametry mřížky, zvyšují napětí na rozhraní γ' a matrice γ . Dohromady s uhlíkem (C) vytváří různé karbidy, což vede ke zpevnění při vysokých teplotách. Přidáním wolframu (W) a tantalu (Ta) zvýšíme měrnou hmotnost slitiny. Tohle je nežádoucí pro výrobky namáhané odstředivou silou při vysokých teplotách. Při zvyšování molybdenu (Mo) se snižuje obsah chromu (Cr) v γ' , ale zároveň se zvyšuje jeho obsah v této fázi. Průměrné hodnoty ve slitinách jsou molybden 0 - 10 %, wolfram (W) 0 - 10 %, tantal (Ta) 0 - 8 %. [11]

2.10.5 Uhlík (C) a ostatní prvky

Uhlík (C) se do materiálu přidává pro zvýšení pevnosti. Průměrný obsah uhlíku (C) v niklových slitinách je 0,02 - 0,25 %. [11]

Ostatní prvky, které mají za úkol zvýšit obrobiteľnosť, odolnosť proti korozi, jsou mangan (Mn) 0 - 2,0 %, křemík (Si) 0,1 - 1,0 %, síra (S) 0,01 - 0,015 %. [11]

2.11 Obrobitelnost korozivzdorných ocelí

Korozivzdorné oceli, v našem případě niklová slitina, jsou klasifikovány do skupiny materiálů jako těžko obrobitelné materiály. Jejich obrobitelnost je charakterizována pěti základními vlastnostmi, které jsou tažnost, deformační zpevnění, tepelná vodivost, tvrdost a abrazivnost.

Tažnost neboli přilnavost se u korozivzdorných ocelí vyskytuje ve vyšší míře než u běžných ocelí. Proto je důležité, aby řezné materiály byly houževnaté a povlakované s nižší tendencí k adhezi. Mikrogeometrie vyžaduje vysokou tažnost, musí dobře utvářet třísky. Velkou pozornost musíme věnovat vylamování, vrubovému opotřebení a odlupování povlaku na řezné hraně z důvodu utváření nárůstku na řezné hraně.

Deformační zpevnění vzniká při špatné mikrogeometrii řezné hrany. Abychom snížili deformační zpevnění, volíme ostřejší řezné hrany, neustále měníme hloubku řezu během řezného procesu, docílíme tím rozložení rizika vzniku vrubového opotřebení na ostří během obrábění. Dále je doporučeno volit co nejvyšší posuvy.

Tepelná vodivost u korozivzdorných ocelí je nižší než u běžných ocelí. Ve srovnání s běžnou uhlíkovou ocelí C45, která má vodivost $67,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, je tepelná vodivost u korozivzdorných ocelí 4 až 6 krát menší. Do třísky se při obráběcím procesu nedostává tolik tepla. Především se dostává teplo do řezné hrany nástroje, což vede k vyšším teplotám na řezné hraně, která je nežádoucí. Proto se řezný materiál musí vyznačovat vysokou pevností za vysokých teplot. Plastická deformace je typickou vlastností opotřebením nástroje.

Tvrdost je u těchto ocelí srovnatelná s běžnými oceli. Řezné síly jsou srovnatelné s běžnými oceli a i posuvy a hloubky řezu budou podobné. Hlavním druhem opotřebení je nebezpečí otěru na hřbetu.

Korozivzdorné oceli jsou náchylné k abrazivnosti. Z toho důvodu je kladen vyšší důraz na povlak vyměnitelné břitové destičky. Povlaky musí vykazovat vysokou ořezuvzdornost. [10] [14]

2.11.1 Soustružení korozivzdorných ocelí

Mezi obecně základní pravidla patří správná volba silné břitové destičky s ostrou geometrií. Je tím myšlen velký úhel čela a ostrý zesílený břít. Úhly čela a hřbetu se pohybují mezi 6 - 8 [10]. Mezi další požadavky patří T - fazetka, která zabrání vzniku nárůstku na břitu a minimalizuje řezné síly. U břitové destičky je také dobré volit velký rádius špičky. Při soustružení volíme velké hloubky řezu a posuvy. Použitím velmi houževnatých destiček pro hrubování zamezíme nárůstku a vydrolování ostří, naopak podpoříme dobré utváření třísky. Při procesu dokončovacích operací volíme většinou tvrdé karbidové destičky. Musíme pravidelně měnit opotřebované destičky za nové. Dostatečné chlazení a odvod tepla z místa řezu je pro obrábění korozivzdorných ocelí důležité. [15]

2.11.2 Frézování korozivzdorných ocelí

O soustružení stejně jako o frézování platí, že musíme volit silné břitové destičky, velké hloubky řezu a vysoké posuvy. Měli bychom používat houževnaté destičky pro hrubování a tvrdé karbidové destičky pro dokončovací operace (plastická deformace, otěr). Otáčení břitové destičky nám zajistí stálé podmínky řezu. Platí, že čím menší je hloubka řezu, tím větší musí být řezná rychlost. Zajistíme optimální teplotu v místě řezu. Řez musí být veden pod tvrdou povrchovou vrstvou, toho dosáhneme pomocí sousledného frézování. Dokonalé chlazení při frézování je nezbytnou činností. Zajistí nám dostatečný odvod tepla z místa řezu. [15]

Souhrn základních pravidel:

- Volit silné destičky s ostrou geometrií,
- velké hloubky řezu a posuvy,
- pravidelně měnit břitové destičky,
- kvalitní chlazení (odvod tepla z místa řezu). [15]

2.12 Materiál 1.4301 (X5CrNi18-10)

Pro výrobu vybrané součásti byl použit materiál z oceli 1.4301 (X5CrNi18-10) dle ČSN 17 240 a dle AISI 304. Ocel 1.4301 patří do skupiny austenitická chromniklová ocel. Vyznačuje se dobrou odolností vůči atmosférické korozi v málo znečištěném venkovním prostředí, jako jsou například pitná voda, zředěná kyselina dusičná a některé organické kyseliny. Ocel také dobře odolává výrobkům potravinářského průmyslu. Po rozpouštěcím žití bez následujícího znečištění dokáže odolat i mezikrystalové korozi. Ke vzniku náchylnosti k mezikrystalové korozi dochází, pokud je ocel vystavena po určitou dobu teplotám 500 – 900 °C. Tvrdost materiálu nám zajistí dostatečnou tvrdost vůči mechanickému poškození při výrobě. [6] [16]

Při obrábění je kladen velký důraz na velmi kvalitní a ostré nástroje, kvalitní a efektivní chlazení nástroje a dodržování odpovídajících řezných podmínek. Svařitelnost oceli je dobrá, ale musí se dávat pozor na vznik mezikrystalové koroze v místě svaru. Je možno svařovat s použitím nebo bez použití výplňového materiálu. Pokud je potřeba použít výplňový materiál, tak se doporučuje Novonit® 4316 (AISI 308L). Maximální dovolená teplota interpass je 200 °C. Po svařování nemusíme tepelně zpracovávat. [17] [18]

2.12.1 Chemické složení materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10)

Chemické složení materiálu je uvedeno v tabulce 2.12.1 dle normy EN 10088-1.

Tab. 2.12.1 Chemické složení materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10) [19]

Chemické složení materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10)								
Prvky	C (max.)	Si (max.)	Mn (max.)	P (max.)	S (max.)	Cr	Ni	N
Obsah [%]	0,07	1	2	0,045	0,015	17,5-19,5	8,0-10,5	0,11
	± 0,01	± 0,05	± 0,04	0,005	0,003	± 0,2	± 0,1	± 0,01

2.12.2 Mechanické vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10)

Mechanické vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10) pro polotovary, tyče, válcovaný drát a profily při 20 °C jsou uvedeny v tabulce 2.12.2 dle normy EN 10088-3.

Tab. 2.12.2 Mechanické vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10) [16]

Tloušťka d [mm]	Tvrdost HB	Rp 0,2 min. [MPa]	Rp 1,0 min. [MPa]	Rm [MPa]	A min. [%]		Vrub. houževnatost (ISO-V) KV J min.	
					L	Q	L	Q
$d_m \leq 160$	215	190	225	500 až 700	45	-	100	-
$160 < d_m \leq 250$	215	190	225	500 až 700	-	35	-	80

2.12.3 Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10)

Fyzikální vlastnosti 1.4301 (X5CrNi18-10) jsou uvedeny v tabulce 2.12.3.

Tab. 2.12.3 Fyzikální vlastnosti 1.4301 (X5CrNi18-10) [18]

Hustota [$\text{kg} \cdot \text{dm}^3$]	7,90
Elektrický měrný odpor při 20 °C [$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$]	0,73
Magnetizace	mírná
Tepelná vodivost při 20 °C [$\text{W} \cdot \text{mK}^{-1}$]	15
Měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	500

2.13 Použité obráběcí stroje

Na výrobu součásti byly použity dvě obráběcí zařízení CTX 420 lineární soustruh a frézka MAS - Kovosvit MCV 500.

2.13.1 CTX 420 lineární soustruh

Tab. 2.13.1 Technické parametry pro lineární soustruh CTX 420

Technické parametry	
Maximální obráběná délka obrobku	650 mm
Maximální obráběný průměr obrobku	400 mm
Hmotnost stroje	6000 kg
Rozměry stroje	4900 x 2500 x 2100 mm
Otáčky stroje	35 - 7000 [min ⁻¹]
Počet nástrojů	12
Počet poháněných nástrojů	6
Programovací software	Siemens Shopturn
Koník	Ano



Obr. 2.13.1 CTX 420 lineární soustruh [20]

2.13.2 Frézka MAS - Kovosvit MCV 500

Frézka MAS - Kovosvit MCV 500 je určena pro obrábění plochých a skříňových součástí z umělých hmot a kovových materiálů. Umožňuje provádět obráběcí technologie, jako například frézování, vrtání, vyvrtávání, vystružování nebo i závitovací operace. Obráběcí centra MCV 500 jsou určeny jak pro sériovou výrobu, tak i pro přesnou kusovou výrobu. Hlavní výhodou MCV 500 je vysoký pracovní rozsah při minimálním prostoru, vysoká tuhost stroje, rychlé polohování, rychlý odvod třísek. [21]



Obr. 2.12.2 Frézka MAS - Kovosvit MCV 500 [20]

Tab. 2.13.2 Technické parametry pro frézku MAS - Kovosvit MCV 500 [21]

Technické parametry stroje	
Stůl	
Upínací plocha	800 x 500 mm
Maximální zatížení	400 kg
Pracovní rozsah X / Y / Z	500 - 500 - 500 mm
Vřeteno	
Výkon motoru	7,5 kW
Otáčky vřetena	20 - 8000 [min ⁻¹]
Kuželová dutina	ISO 40
Zásobník nástrojů	
Počet míst v zásobníku	20 nebo 40
Rozměry stroje	
délka x šířka x výška	2180 x 2085 x 2550 mm
Hmotnost stroje	3 600 kg
Řídicí systém	
Software	Heidenhain iTNC 530 CNC
Chlazení	20 bar

2.14 Vybraná součást

Součástka je vyráběna pro firmu Windmöller & Hölscher, která se zabývá výrobou vybavení pro průmysl flexibilních obalů. Výsledné produkty jsou foukané a lité fólie, flexo - a hlubotiskové stroje, stroje pro zušlechťování a zpracování papíru, fólií a tkanin z umělého vlákna pytlovací linky. [21]

Součástka je vyrobena z materiálu 1.4301 a používá se pro distribuci barvy do průmyslové tiskárny na pytle. Drsnost povrchu po obrobení odpovídá výkresu. Výkres součásti je součástí přílohy 1.



Obr. 2.14 - 1 Pohled 1



Obr. 2.14 - 2 Pohled 2



Obr. 2.14 - 3 Pohled 3



Obr. 2.14 - 4 Pohled 4



Obr. 2.14 - 5 Pohled 5



Obr. 2.14 - 6 Pohled 6

3 Návrh racionalizace výroby dílce

3.1 Změna materiálu

Pro zlepšení výroby součástky bylo navrženo řešení ke změně materiálu. Původní materiál 1.4301 (X5CrNi18-10) byl zaměněn za materiál 1.4305 (X8CrNiS18-9, AISI 303) [23]. Hlavním důvodem změny je lepší odběr třísek při obrábění, což má za následek menší opotřebení vyměnitelných břitových destiček. Menší opotřebení zajistí i nižší finanční náklady na vyměnitelné břitové destičky.

3.2 Materiál 1.4305 (X8CrNiS18-9)

Korozivzdorná ocel 1.4305 patří mezi nejpoužívanější automatové oceli. Díky vyššímu obsahu síry je označována za nejsnáze obrobitelný korozivzdorný materiál. Při třískovém obrábění se díky vyššímu obsahu síry utváří krátké třísky, které jsou pro nás dobré. Na druhou stranu vyšší obsah síry nám oproti původnímu materiálu 1.4301 zmenšuje odolnost proti korozi, která ale pro naše podmínky postačí. Můžeme ji zlepšit pomocí mechanické úpravy leštění. Použití na těžko opracovatelné výrobky, jakou jsou například šrouby, matice, ozubená kola, armatury, hřídele. Materiál odolává teplotám až 760 °C. Obrobitelnost je zaručena při dodržení ostré řezné hrany, vysokého posuvu a hloubky řezu. Nízká tepelná vodivost má za následek špatný odvod tepla z místa řezu, proto je nutno dostatečně chladit. Vlivem většího obsahu síry se nedoporučuje materiál svařovat. [24] [25] [26]

3.2.1 Chemické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9)

Chemické vlastnosti materiálu 1.4305 jsou uvedeny v tabulce 3.2.1.

Tab. 3.2.1 Chemické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9) [27]

Chemické složení materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9)									
Prvky	C (max.)	Si (max.)	Mn (max.)	P (max.)	S (max.)	Cr	Ni	N	Cu
Obsah [%]	0,1	1	2	0,045	0,15 - 0,35	17-19	8,0-10	0,11	1
	± 0,01	± 0,05	± 0,04	0,005	0,02	± 0,2	± 0,1	± 0,01	±0,07

3.2.2 Mechanické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9)

Mechanické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9) jsou uvedeny v tabulce 3.2.2.

Tab. 3.2.2 Mechanické vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9) [28]

Pevnost v tahu Rm [MPa]	Mez kluzu Rp 0,2 % [MPa]	Tažnost A min. [%]	Tvrdost max. HRB	Struktura
500 -700	190	35	94	Austenitická

3.2.3 Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9)

Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9) jsou uvedeny v tabulce 3.2.3.

Tab. 3.2.3 Fyzikální vlastnosti materiálu 1.4305 (X8CrNiS18-9) [24]

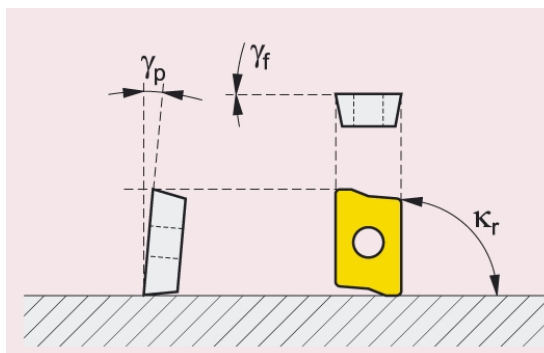
Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^3$]	8,03
Elektrický měrný odpor při 20 °C [$\Omega\cdot\text{mm}^2\cdot\text{m}^{-1}$]	0,072
Modul pružnosti [GPa]	193
Tepelná vodivost při 20 °C [$\text{W}\cdot\text{mK}^{-1}$]	16,3
Tepelná roztažnost [K]	$17,3\cdot 10^{-6}$

3.3 Úprava řezných podmínek u frézování

Zaměříme se na frézování při první poloze, kdy se frézuje obdélník 50 x 40 mm. Při této operaci je použita fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A) a vyměnitelné břitové destičky ze slinutého karbidu APKX 1505PDER - M. Celý tento komplet je pomocí ISO kužele (ISO 40) ustaven do zásobníku nástrojů.

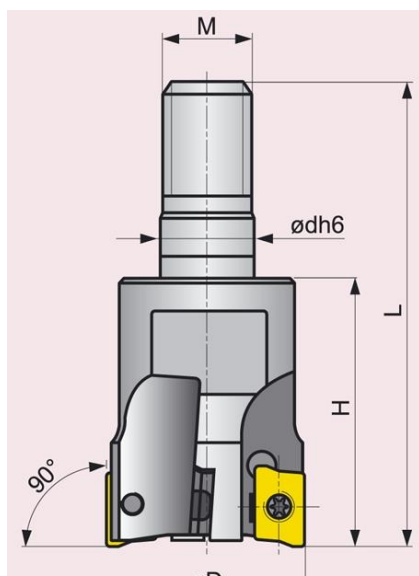
3.3.1 Fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A)

Patří mezi šroubovací frézy pro modulární systém. [29]



Obr. 3.3.1 - 1 Základní pohled

Obr. 3.3.1 - 2 Úhly nastavení destičky [29]



Obr. 3.3.1 - 3 Geometrie frézy [29]

Tab. 3.3.1 Velikosti úhlů [29]

γ_p	3° - 6°
γ_f	0°
κ_r	90°
a_{pmax}	9;13 mm

ISO	Sortiment	Rozměry / Rozmery										
		D	L	H	M	dh6	Z*	-	-	-	-	Chlazení Chladenie
32A3R043M16-SAP15D-A	●	32	66	43	M16	17,0	3					0,14

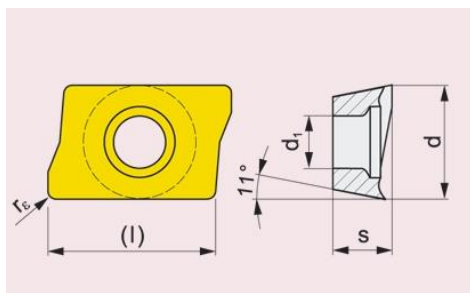
Obr. 3.3.1 - 4 Rozměry frézy [29]

3.3.2 Vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER - M

Vyměnitelná břitová destička APKX 150PDER - M se vyznačuje vysoce pozitivní geometrií. Je vhodná pro obrábění materiálů skupiny P, M, K a S. Výrobce doporučuje používat zejména pro střední obrábění. VBD je vyrobena z materiálu 8230, který je označován za vysoce univerzální řezný materiál. V materiálu se objevuje i submikronový substrát typu H. Na povrch VBD je nanesen nanostrukturní tenký povlak nanesený metodou PVD s vysokým obsahem hliníku. Povlak kombinuje dobrou otěruvzdornost spolu s dobrou provozní spolehlivostí. VBD je určena pro střední řezné rychlosti. [32] [33]

Tab. 3.3.2 Doporučené řezné podmínky

Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Posuv na zub f_z [mm]	Hloubka řezu a_p [mm]
105 - 150	0,15 - 0,30	1 - 13



Obr. 3.3.2 - 1 Geometrie VBD [30]

Velikost Velikost	l	d	s	d ₁	r _c
1505	15,000	9,525	5,60	4,40	0,8

Obr. 3.3.2 - 2 Rozměry vyměnitelné břitové destičky [31]

Utvařec Utvařec	ISO	ANSI	Materiály								Rádius r_c	Posuv na zub		Hloubka řezu Hloubka řezu	
			2215	2230	5026	8016	8026	8230	8240			f_{min}	f_{max}	$a_{p min}$	$a_{p max}$
	APKX 1505PDER-F	APKX -(3.5)PDER-F				●	●	●	●		0,8	0,10	0,20	1,00	13,00
	APKX 1505PDER-M	APKX -(3.5)PDER-M	●	●	●	●	●	●	●		0,8	0,15	0,30	1,00	13,00

Obr. 3.3.2 - 3 Řezné podmínky vyměnitelné břitové destičky [31]

3.3.3 Návrh nových řezných podmínek

Ve firmě byl řešen problém rychlého otupení břitové destičky. Pomocí úpravy řezných podmínek bylo nalezeno řešení, díky kterému byl tento problém vyřešen.

Stávající řezné podmínky

Tab. 3.3.3 – 1 Stávající řezné podmínky

Otáčky $n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	Posuv na zub $f_z \text{ [mm]}$	Hloubka řezu $a_p \text{ [mm]}$	Rychlost posuvu $v_f \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$
1400	0,083	2	350

Při těchto řezných podmínkách byly obrobena 2 kusy. Na 2 kusy připadly 3 vyměnitelné břitové destičky.

Nové řešení řezných podmínek

Tab. 3.3.3 - 2 Nové řešení řezných podmínek

Otáčky $n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	Posuv na zub $f_z \text{ [mm]}$	Hloubka řezu $a_p \text{ [mm]}$	Rychlost posuvu $v_f \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$
1050	0,086	5,45	270

Za těchto podmínek bylo dosaženo výrazného zlepšení výdrže břitových destiček. Při stejném počtu břitových destiček (3) dokážeme obrobit až 10 ks, než se vyměnitelné břitové destičky otupí.

3.4 Drsnost povrchu, kontrola výsledné drsnosti

Požadovaná drsnost na povrchu součásti je určena dle výrobního výkresu. Hlavní požadovaná drsnost na součásti je $R_z 12,5 \mu\text{m}$ a jako vedlejší $R_z 3,2 \mu\text{m}$. Po třískovém obrábění soustružením i frézováním docílíme požadované drsnosti. Součástka se už dále neopravovává na požadovanou drsnost.

Kontrola výsledné drsnosti je poté kontrolována pomocí MARSURF PS 1. Drsnost odpovídá předepsané drsnosti na výrobním výkresu.

3.5 Znehodnocení vyměnitelných břitových destiček

V této kapitole ukážeme, k jakým následkům docházelo u vyměnitelných břitových destiček za starých řezných podmínek a poté následně u nově zvolených řezných podmínek.

3.5.1 Stávající řezné podmínky

Při stávajících řezných podmínkách (otáčky $n = 1400 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubka řezu $a_p = 2 \text{ [mm]}$, rychlost posuvu $v_f = 350 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$, posuv na zub $f_z = 0,083 \text{ [mm]}$) docházelo k rychlému opotřebení vyměnitelných břitových destiček, k otupení řezné hrany, ke znehodnocení řezné geometrie, vylamování velkých kusů z destiček, či dokonce až k natavení vyměnitelné břitové destičky na materiál nebo nástroj.



Obr. 3.5.1 Použité VBD při stávajících řezných podmínkách

3.5.2 Nové řezné podmínky

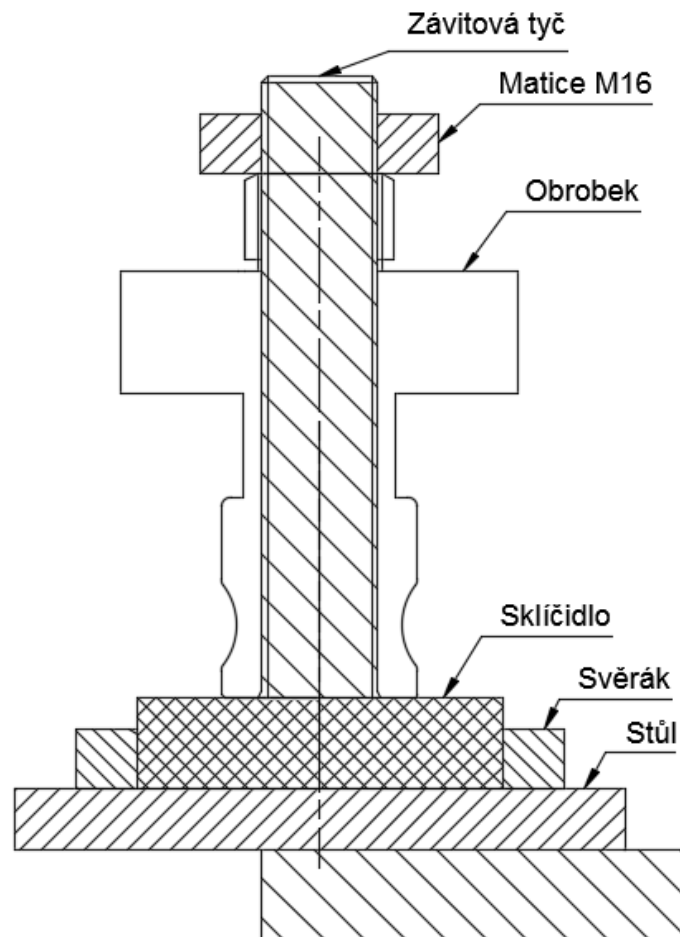
Při návrhu nových řezných podmínek (otáčky $n = 1050 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubka řezu $a_p = 5,45 \text{ [mm]}$, rychlost posuvu $v_f = 270 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$, posuv na zub $f_z = 0,086 \text{ [mm]}$) došlo k výraznému zlepšení stavu vyměnitelných břitových destiček. Nedochází k vylamování kusů z VBD, ke znehodnocení řezné geometrie dochází mnohem později.



Obr. 3.5.2 Použité VBD při nových řezných podmínkách

3.6 Frézování obdélníku 50 x 40 mm + rádius R1

Pro tuto operaci je použita fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A) a vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER - M. Fréza s VBD jsou upnuty do zásobníku nástrojů pomocí ISO 40 kužele. Dále je na operaci potřeba svěrák, který se upne pomocí T drážek do stolu frézky. Do svěráku se upne tříčelistové sklíčidlo. Skrze svěrák a sklíčidlo je prostrčena závitová tyč, na kterou je poté upnut obrobek a zajištěn z horní strany tyče maticí M16. Při této první poloze se pak frézuje obdélník 50 x 40 mm a rádius R1 pomocí rádiusové frézy. Řezné podmínky pro frézování obdélníku jsou: otáčky $n = 1050 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubka řezu $a_p = 5,45 \text{ [mm]}$, rychlost posuvu $v_f = 270 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$, posuv na zub $f_z = 0,086 \text{ [mm]}$. Pro frézování rádiusů R1 jsou potřeba řezné podmínky: $n = 2400 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubka řezu $a_p = 1 \text{ [mm]}$, posuv na zub $f_z = 0,1 \text{ [mm]}$.



Obr. 3.6 Grafické znázornění první polohy při frézování obdélníku 50 x 40 mm + R1

4 Technicko - ekonomické zhodnocení

4.1 Materiál

Změna materiálu byla doporučena zejména pro svoje vlastnosti (kap. 3.2), které má 1.4305 lepší než 1.4301. Z finančního hlediska je sice materiál 1.4305 dražší, ale pro výrobu součástí se vyplatí.

4.1.1 Náklady na materiál

Náklady na materiály 1.4301 a 1. 405 jsou uvedeny v tabulkách (Tab. 4.1.1 - 1, Tab. 4.1.1 - 2).

Tab. 4.1.1 - 4-1 Náklady na materiál 1.4301

Materiál 1.4301	
1 kg	57,00 Kč
859 kg (33 m)	48 963,00 Kč

Výpočet celkové částky materiálu 1.4301

$$\check{C}_{1.4301} = K \cdot C = 859 \cdot 57 = 48\,963 \text{ Kč} \quad (4.1)$$

$\check{C}_{1.4301}$ celková částka za materiál 1.4301

K počet dodaných kilogramů materiálu 1.4301

C cena za jeden kilogram materiálu 1.4301

Tab. 4.1.1 - 4-2 Náklady na materiál 1.4305

Materiál 1.4305	
1 kg	58,60 Kč
859 kg (33 m)	50 337,4 Kč

Výpočet celkové částky materiálu 1.4305

$$\check{C}_{1.4305} = K \cdot C = 859 \cdot 58,6 = 50\,337,4 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

$\check{C}_{1.4305}$ celková částka za materiál 1.4305

K počet dodaných kilogramů materiálu 1.4305

C cena za jeden kilogram materiálu 1.4305

Výpočet celkového rozdílu nákladů materiálů 1.4301 a 1.4305

$$M_C = \check{C}_{1.4305} - \check{C}_{1.4301} = 50\,337,4 - 48\,963 = 1374,4 \text{ Kč} \quad (4.3)$$

M_C celkový rozdíl nákladů mezi materiály 1.4301 a 1.4305

$\check{C}_{1.4305}$ celková částka za materiál 1.4305

$\check{C}_{1.4301}$ celková částka za materiál 1.4301

Z tabulek je dobře vidět, že nově zvolený materiál 1. 4035 je dražší, a to při váze materiálu 1 kg o 1,6 Kč. Celkové náklady jsou tedy při počtu 859 kg (33 m) o 1 374,4 Kč vyšší než u původního materiálu 1.4301. Tyto náklady navíc ale nevadí, protože díky vlastnostem materiálu ušetříme mnohem více peněz na vyměnitelných břitových destičkách, které rozebereme v následující kapitole 4.2.

4.2 Vyměnitelné břitové destičky

Při frézování jsou použity vyměnitelné břitové destičky od firmy Pramet s katalogovým označením APKX 1505PDER - M. Firma vyměnitelné břitové destičky nakupuje za smlouvenou cenu 180 Kč za kus. Při stávajícím řešení byly vyměnitelné břitové destičky znehodnoceny už po dvou vyrobených kusech zejména kvůli špatně zvoleným řezným podmínkám a vlastnostem materiálu. Po rozhodnutí zvolit jiný materiál pro výrobu dané součásti se výrazně snížily finanční nároky na počet vyměnitelných břitových destiček. Nový materiál je měkčí hlavně díky většímu obsahu síry. K dalšímu snížení finančních nákladů na výrobní proces došlo po navržení nových řezných podmínek. Destičky už vydrží obrobít až deset kusů, což nám výrazně sníží finanční náklady.

4.2.1 Náklady na vyměnitelné břitové destičky

Tab. 4.2.1 - 1 Předešlé řezné podmínky

Předešlé řezné podmínky	
1 destička	180,00 Kč
3 destičky	540,00 Kč
2 ks výrobku	540,00 Kč
1 ks výrobku	270,00 Kč

Na nástroji fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A) se nachází 3 vyměnitelné břitové destičky, což znamená finanční náklady 540 Kč. Na 2 kusy výrobků tedy připadají náklady 540 Kč. Jeden výrobek poté stojí 270 Kč.

Výpočet ceny 1 kusu výrobku

$$V = \frac{P_d \cdot D}{P} = \frac{3 \cdot 180}{2} = 270 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

V cena za 1 kus výrobku

P_d počet destiček na nástroji

D_C cena za jednu vyměnitelnou břitovou destičku

P počet obrobených kusů do otupení destiček

Tab. 4.2.1 - 2 Nové řezné podmínky

Nové řezné podmínky	
1 destička	180,00 Kč
3 destičky	540,00 Kč
10 ks výrobku	540,00 Kč
1 ks výrobku	54,00 Kč

Po zvolení nových řezných podmínek (kap. 3.3.3) došlo k výraznému snížení finančních nákladů na jeden kus výrobku. Na fréze, která má 3 vyměnitelné břitové destičky, dokážeme na tyto destičky obrobit až 10 kusů. Poté vychází cena za jeden kus vyrobené součásti 54 Kč.

Výpočet ceny 1 kusu výrobku

$$V = \frac{P_d \cdot D}{P} = \frac{3 \cdot 180}{10} = 54 \text{ Kč} \quad (4.5)$$

V cena za 1 kus výrobku

P_d počet destiček na nástroji

D_C cena za jednu vyměnitelnou břitovou destičku

P počet obrobených kusů do otupení destiček

4.3 Celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky

Tab. 4.3 - 1 Předešlé řezné podmínky

Předešlé řezné podmínky	
360 kusů	97 200,00 Kč

Výpočet celkových nákladů na vyměnitelné břitové destičky

$$B_p = V \cdot R_p = 270 \cdot 360 = 97\,200 \text{ Kč} \quad (4.6)$$

B_p celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u předešlých řezných podmínek

V cena za 1 kus výrobku

R_p počet požadovaných kusů na výrobu

Tab. 4.3 - 2 Nové řezné podmínky

Nové řezné podmínky	
360 kusů	19 440,00 Kč

Výpočet celkových nákladů na vyměnitelné břitové destičky

$$B_N = V \cdot R_N = 54 \cdot 360 = 19\,440 \text{ Kč} \quad (4.7)$$

B_N celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u nových řezných podmínek

V cena za 1 kus výrobku

R_N počet požadovaných kusů na výrobu

Výpočet celkového rozdílu ušetření na vyměnitelných břitových destičkách

$$W = B_p - B_N = 97\,200 - 19\,440 = 77\,760 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

W celkový finanční rozdíl mezi předešlým a novým řešením

B_p celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u předešlých řezných podmínek

B_N celkové náklady na vyměnitelné břitové destičky u nových řezných podmínek

Jak je možno vidět z předchozích tabulek, kde byly vyčísleny jednotlivé částky za vyměnitelné břitové destičky, tak i částky na výrobu jednoho kusu součástky, tak podle celkového zhodnocení se došlo k závěru, že úspora činí 77 760 Kč na vyměnitelných břitových destičkách.

4.4 Porovnání nákladů

K celkovému zhodnocení použijeme vypočtené náklady na změnu materiálu a ušetřené náklady na vyměnitelné břitové destičky.

Tab. 4.4 Celkové náklady na materiály a vyměnitelné břitové destičky

Celkový rozdíl nákladů mezi materiály	1 374,40 Kč
Celkový finanční rozdíl mezi předešlým a novým řešením	77 760,00 Kč

Výpočet pro celkový zisk

$$Z = W - M_C = 77\,760 - 1\,374,4 = 76\,385,6 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

Z celkový zisk

W celkový finanční rozdíl mezi předešlým a novým řešením

M_C celkový rozdíl nákladů mezi materiály 1.4301 a 1.4305

Celkový zisk z nákladů na nový materiál a návrhu nového řešení řezných podmínek a tím ušetření na vyměnitelných břitových destičkách tedy činí 76 385,6 Kč.

5 Závěr

V bakalářské práci jsou zpracovány základní požadavky pro obrábění materiálu 1.4301 (X5CrNi18-10) dle ČSN 17 240 soustružením i frézováním. Řešená operace při frézování byla provedena na frézovacím centru MAS - Kovosvit MCV 500. Jako nástroj pro obrábění součásti byla zvolena vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER – M, u které byly hledány nejvhodnější řezné podmínky.

Pro vybranou strojní součástku byl navrhnout nový materiál 1.4305 (X8CrNiS18-9) dle ČSN 17243, který je díky většímu obsahu síry lépe obrobitelný. Nově navržený materiál přispěl k lehčímu hledání nových řezných podmínek při frézování. Hledání vhodných řezných podmínek probíhalo při frézování obdélníku 50 x 40 mm, kdy se z materiálu odebírá velké množství třísky. Stávající řezné podmínky použité ve firmě (otáčky $n = 1400 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubka řezu $a_p = 2 \text{ [mm]}$, rychlost posuvu $v_f = 350 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$, posuv na zub $f_z = 0,083 \text{ [mm]}$) byly pro firmu zcela neekonomické. Vyměnitelné břitové destičky dokázaly za těchto řezných podmínek obrobit pouze dva kusy. Nalezení nových řezných podmínek bylo provedeno i pomocí znalostí obrábění korozivzdorných ocelí, kdy je zapotřebí frézovat při velkých hloubkách řezu a velkých posuvech. Nové řezné podmínky byly stanoveny na otáčky $n = 1050 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, hloubku řezu $a_p = 5,45 \text{ [mm]}$, rychlost posuvu $v_f = 270 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$, posuv na zub $f_z = 0,086 \text{ [mm]}$. Tohle řešení velice prospělo ke zlepšení produktivity, kdy vyměnitelné břitové destičky dokážou obrobit až deset kusů do otupení, a zároveň došlo ke snížení strojního času na obrábění součásti. Pro firmu přineslo také ekonomické ušetření na vyměnitelných břitových destičkách.

Technicko – ekonomické zhodnocení přineslo překvapivé výsledky. Změna materiálu přinesla minimální finanční náklady navíc, naopak u nalezení nových řezných podmínek bylo ušetřeno na vyměnitelných břitových destičkách 77 760 Kč. Při sečtení celkových nákladů na nový materiál a úspoře na vyměnitelných břitových destičkách firma ušetří na jedné dávce 360 ks 76 385,6 Kč.

Seznam použité literatury

- [1] Racionalizace výroby. *Cojeco.cz* [online]. 2007 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&s_lang=2&id_desc=78983
- [2] Racionalizace výroby. *Projekty.fs.vsb.cz* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
- [3] O společnosti. *Rovtech.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.rovtech.cz/?s=company>
- [4] PETRŮ, Jana, Lenka PETŘKOVSKÁ, Ivan MRKVICA a Tomáš ZLÁMAL. Resistance of sintered carbide materials against heat shocks induced by cutting process. *METAL 2014*. 2014, (23), 973 - 978. ISSN 978-808729454-3.
- [5] JUROK, Dalibor, Josef BRYCHTA a Jana PETRŮ. Experimental measurements of the cutting forces at milling of stainless steels. *ERIN 2014*. 2014, (23), 25.
- [6] JUROK, Dalibor. *Obrábění korozivzdorných ocelí*. Ostrava, 2013. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní. Vedoucí práce Doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
- [7] Charakteristika korozivzdorných materiálů a základní informace o použití, zpracování, svařování a možné korozi. *Italinox.cz* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.italinox.cz/?p1=plechy&p2=p6&p3=p1>
- [8] KAKÁČ, Martin. *Slinuté karbidy pro obrábění korozivzdorných ocelí*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké Učení Technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Anton HUMÁR, CSc.
- [9] Martenzitická struktura korozivzdorné oceli. *Konstrukce.cz* [online]. Konstrukce media, 2014 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/korozivzdorne-materialy-zakladni-typy-oceli-a-doporuceni-pro-jejich-svaritelnost/>
- [10] NESLUŠAN, Miroslav a Andrej CZÁN. *Obrábanie titánových a niklových zliatin*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2001. ISBN 80-710-0933-4.
- [11] DARECKÝ, Janusz. *Superzliatiny niklu a ich obábanie*. 1.vyd. Žilina: Žilinská univerzita: EDIS, 2001. ISBN 80-7100-785-4.
- [12] Austenitická struktura korozivzdorné oceli. *Ebook.veda-hrou.cz* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://ebook.veda-hrou.cz/cms/10-kapitola-1-co-je-ocel.html>
- [13] Austeniticko - feritické oceli. *Terapol.cz* [online]. [cit. 2016-02-3]. Dostupné z: <http://www.terapol.cz/clanek/no-vap-hlavni-skupiny>
- [14] DE VOS, Patrick. Příručka pro technology - Obrobitelnost nerezových ocelí. *MM Průmyslové spektrum*. 2012, (2), 76-77.
- [15] DE VOS, Patrick. Příručka pro technology: Proces obrábění v nerezových ocelích - závěrečné tipy. *MM Průmyslové spektrum*. 2012, (10), 82.

- [16] Materiál 1.4301. *Bolzano.cz* [online]. [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/materialove-listy/x6crni18-10-austeniticke>
- [17] Materiál 1.4301. *Outokumpu* [online]. 2009 [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Austenitic-Stainless-Steel-1.4304-1.4307_Datasheet.pdf
- [18] Materiál 1.4301. *Dew-stahl.cz* [online]. [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: http://www.dew-stahl.com/fileadmin/files/dew-stahl.com/documents/Publikationen/Werkstoffdatenblaetter/RSH/Datenblatt_4301_UK_.pdf
- [19] Chemické složení materiálu 1.4301. *Lucefin.com* [online]. [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/1.430187.pdf
- [20] CTX 420 lineární soustruh. *Rovtech.cz* [online]. [cit. 2016-04-3].
Dostupné z: <http://www.rovtech.cz/?s=milling>
- [21] MAS - Kovosvit MCV 500. *Wiktori.cz* [online]. [cit. 2016-04-3].
Dostupné z: <http://www.wiktori.cz/cs/57-mcv-500.html>
- [22] Vybraná součást. *Wuh-prostejov.cz* [online]. [cit. 2016-04-3].
Dostupné z: <http://www.wuh-prostejov.cz/cz/paleta-vyrobku/>
- [23] Označení materiálu 1.4305. *Acerinox.com* [online]. [cit. 2016-04-15].
Dostupné z: <http://www.acerinox.com/en/productos/tipos-de-acero/tsacxtipoacero/EN-1.4305---AISI-303-00001/>
- [24] Materiál 1.4305. *Aalco.co.uk* [online]. [cit. 2016-04-15].
Dostupné z: http://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel-14305-Bar_107.ashx
- [25] Materiál 1.4305. *Armat.cz* [online]. [cit. 2016-04-15].
Dostupné z: <http://www.armat.cz/pdf/specifikace-nerezovych-oceli-chemicke-slozeni.pdf>
- [26] Materiál 1.4305. *Inoxspol.cz* [online]. [cit. 2016-04-15].
Dostupné z: <http://inoxspol.cz/nerezova-ocel-14305.html>
- [27] Chemické vlastnosti materiálu 1.4305. *Lucefin.com* [online]. [cit. 2016-03-10].
Dostupné z: http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/1.4305a30365.pdf
- [28] Mechanické vlastnosti materiálu 1.4305. *Novel.sk* [online]. 2011 [cit. 2016-03-10].
Dostupné z: <http://www.novel.sk/materialove-normy/>
- [29] Fréza APKX - 32 (32A3R043 M16 - SAP15D - A). *Katalog.mav.cz* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://katalog.mav.cz/data/pramet2/files/sap15d.pdf>
- [30] Vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER - M. *Katalog.mav.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://katalog.mav.cz/detail.php?id=86308&mena=3>
- [31] Vyměnitelná břitová destička APKX 1505PDER - M. *Katalog.mav.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: http://katalog.mav.cz/data/pramet2/files/apkx15_2.pdf

[32] Vlastnosti VBD. *Katalog.mav.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-7].

Dostupné z: http://katalog.mav.cz/data/pramet2/files/apkx_m.pdf

[33] Materiál VBD. *Katalog.mav.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-7].

Dostupné z: http://katalog.mav.cz/data/pramet2/files/materialy_vbd_frezovani.pdf

Seznam příloh

Příloha 1	Výrobní výkres vybrané strojní součásti
Příloha 2	Technologický postup vybrané strojní součásti

Poděkování

Touto formou bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. et Ing. Mgr. Janě Petřů, Ph.D. za cenné rady, připomínky, ochotu a strávený čas, který věnovala vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům firmy Rovtech s. r. o. jmenovitě Tomáši Ježkovi, Tomáši Černému, Františku Palánkovi, Vitaliji Mrázkovi, kteří mi pomohli při řešení mé bakalářské práce.

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektu SP2016/172 Vliv technologických parametrů na obrobený povrch a SP2016/174 Studium procesu obrábění progresivních materiálů s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.